ÜBER
DIE BEDEUTUNG DES CHLORS IN DER PFLANZE.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VORGELEGT DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITÄT ERLANGEN

IM DECEMBER 1889

VON

CARL ASCHOFF

AUS HERFORD.

MIT DREI TAFELN.

BERLIN

DRUCK VON GEBR. UNGER

1889.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546420_0033

Einleitung.

Nachdem durch eine Reihe von Versuchen nachgewiesen ist, welche Stoffe zur Ernährung einer Pflanze als nothwendig erachtet werden müssen, ist man zu der Ueberzeugung gekommen, dass zum chemischen Aufbau der Pflanzen sich nur wenige Elemente als unbedingt nöthig erweisen. Man fand als wesentliche Nährstoffe die Verbindungen des Kaliums, Calciums, Magnesiums und Eisens mit der Schwefelsäure und Phosphorsäure, man fand ferner als nothwendige Faktoren für die Thätigkeit einer Pflanze den Sauerstoff, das Wasser und die Kohlensäure, sowie den Stickstoff in gebundener oder auch ungebundener Form, und vielfache Beweise sind dafür erbracht, dass ein Ausschluss irgend eines dieser genannten Stoffe eine normale Entwicklung der Pflanze nicht zulässt. Auf der anderen Seite dagegen war es ferner möglich, bezüglich einer ganzen Reihe von Elementen, deren Vorkommen in den Pflanzen durch die Aschenanalysen ermittelt wurde, als des Natriums, Siliciums, Broms, Jods, Fluors u. s. w., ein bestimmtes Urtheil über die Entbehrlichkeit derselben zur Ernährung der Pflanze zu fällen. Nur über das Chlor liegen bis jetzt sehr abweichende Ansichten und Resultate vor.

Zahlreiche Versuche sind seit 1862 von NOBBE [1]) und SIEGERT [2]) über die Bedeutung des Chlors für die Pflanze angestellt, deren Ergebnisse von WAGNER [3]) in den „Landwirthschaftlichen Versuchsstationen“ dahin zusammengefasst wurden, dass ein Mangel an Chlor eigenthümlich abnorme Ausbildung der Pflanze zur Folge habe und die Veranlassung zu frühzeitigen Erkrankungen der betreffenden Pflanzen sei. Diese Experimente NOBBE's und SIEGERT's erstrecken sich auf den Buchweizen, mit welchem Objekt LEYDHECKER [4]) ebenfalls zu obigen Resultaten kam. BEYER [5]), der mit Hafer und Erbse Versuche anstellte, kommt ferner noch zu dem Schluss, dass beim Fehlen des Chlors unter den Nährstoffen eine Fruktifikation resp. vollkommene Ausbildung der

1) Landwirthschaftliche Versuchsstationen, 1865, Band 7, S. 371 (NOBBE).
2) Ebendaselbst, 1862, Band 4, S. 318 und 1864 Band 6, S. 109 (NOBBE und SIEGERT).
3) Ebendaselbst, 1871, Band 13, S. 218.
4) Ebendaselbst, 1866, Band 8, S. 177.
5) Ebendaselbst, 1869, Band 11, S. 262.

Samen nicht stattfindet. WAGNER[1]) beobachtete Maispflanzen in chlorfreier Nährlösung und fand bei Unfruchtbarkeit der männlichen Blüthen und unentwickelten Samensätzen vorübergehende Bleichsucht.

Allen diesen nun tritt KNOP[2]) in seinem Lehrbuch der Agrikulturchemie entgegen mit den Behauptungen, dass auch der Buchweizen in chlorfreier Lösung sich ebenso gut, wie in freiem Felde entwickele, wenn man den Bedürfnissen der Wurzel gehörig Rechnung trage und die Lösung oft genug erneuere. Weiterhin jedoch, meint KNOP, müssten seine Versuche über die Dignität des Chlors, die genannter Autor noch auf Kresse und das Getreide ausdehnte, ebenfalls so lange als unentschieden betrachtet werden, als man nicht mit völlig chlorfreien Lösungen und besonders mit möglichstem Ausschluss des Chlors, das an und für sich in den Samen enthalten sei, rechne.

Mit hauptsächlichster Berücksichtigungen letzterer Forderungen behandelt die vorliegende Arbeit besonders die Frage.

„Welche Erscheinungen machen sich in der Pflanze geltend, wenn unter den Nährstoffen das Chlor fehlt?“

Methode der Untersuchung.

Eine Beantwortung dieser Frage wurde durch eine Reihe von Pflanzenkulturen in Nährstofflösungen ermöglicht und zwar kam zu diesen Versuchen einerseits eine Lösung zur Anwendung, die alle die Salze enthielt, die sich zur Ernährung einer Pflanze als nothwendig erwiesen haben, andererseits wurde mit einer Lösung experimentirt, die gänzlich frei, oder doch in einem noch näher anzugebenden Falle möglichst frei von Chlor war.

Erstere, die im Laufe der Untersuchung als Normallösung bezeichnet werden mag, enthielt die Salze in einer Quantität, die sich bei zahlreichen pflanzenphysiologischen Ernährungsversuchen als zweckmässig erwiesen hat, letzterer fehlte nicht allein jegliches Chlorid, sondern es waren auch, wie die Analyse ergab, sämmtliche zu dieser Lösung verwendeten Salze völlig frei von Chlor.

Von der Normallösung nun wurde ein konzentrirter Vorrath hergestellt, der aus 7200 *ccm* destillirten Wassers und

$MgSO_4 . 7 H_2O$	14,76 *g*
KCl	17,88 „
$Ca(NO_3)_2$	39,46 „
K_2HPO_4	15,00 „

bestand. Je 180 *ccm* hiervon wurden mit 3500 *ccm* gewöhnlichen Leitungswassers und 1—2 Tropfen einer Lösung von Eisenchlorid versetzt, so dass demnach in jedem Liter dieser nun zu den Versuchen fertigen Lösung folgende Salze enthalten waren:

$MgSO_4 . 7H_2O$	100,2 *mg*
KCl	121,5 „
$Ca(NO_3)_2$	267,4 „
K_2HPO_4	101,9 „
Fe_2Cl_6	n „

1) Ebendaselbst, 1871, Band 13, S. 218.

2) KNOP, Der Kreislauf des Stoffs, Band 1, S. 165 und 228.

oder

K_2O	76,7 *mg*	Cl	51,2 + n *mg*
CaO	162,4 „	SO_3	63,7 „
MgO	31,8 „	N_2O_5	176,2 „
Fl_2O_3	n „	P_5O_5	41,7 „

Die chlorfreie ebenfalls konzentrirte Lösung bestand aus 7200 *ccm* destillirten Wassers und

$MgSO_4$	14,76 *g*
$Ca(NO_3)_2$	39,46 „
K_2HPO_4	15,00 „

Je 180 *ccm* dieser Flüssigkeit wurden theils mit 3500 *ccm* reinen völlig chlorfreien destillirten Wassers, theils mit einer Mischung von destillirtem und chlorhaltigem Brunnenwasser verdünnt und jeder Menge sodann noch 0,5 *g* $(Fe)_2(P_2O_7)_3$ zugegeben. Da letzteres Salz nur zum Theil in Wasser löslich ist, so enthielt je ein Liter dieser Nährstofflösung:

$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	100,2 *mg*
$Ca(NO_3)_2$	267,4 „
K_2HPO_4	101,9 „
$(Fe)_2(P_2O_7)_3$	n „

oder

K_2O	76,7 *mg*	SO_3	63,7 *mg*
CaO	162,4 „	N_2O_5	176,2 „
MgO	31,8 „	P_2O_5	n „
Fe_2O_3	n „		

Bei den Kulturen nun war ein Hauptaugenmerk auf den Umstand zu richten, dass die Pflanzen zu ihrer Entwicklung in ihren Reservestoffbehältern, den Cotyledonen resp. dem Endosperm möglichst geringe Spuren von Chlor zur Verfügung hatten. Es musste deshalb von einem Experimentiren mit kleinen Samen abgesehen werden und zu den Kulturen Exemplare genommen werden, die einen operativen Eingriff in Form des Entfernens genannter Speicher des Chlors und zwar in einem möglichst frühen Stadium des Keimens auszuhalten im Stande waren.

Die Wahl fiel daher auf Phaseolus multiflorus, Phaseolus vulgaris (Ilsenburger Varietät), sowie auf Zea Mais, Pflanzen, von denen durch zahlreiche Versuche schon ermittelt ist, dass sie trotz des Fehlens der Cotyledonen, resp. des Endosperms zu normaler vegetativer Entwicklung, sowie normaler Fruchtbildung gelangen. Es ist nun aber schon immer beobachtet worden, dass *Phaseolus vulgaris* in Nährstofflösungen, die durch Auflösen der betreffenden Nährsalze in reinem destillirten Wasser hergestellt sind, in gesunder Weise sich nicht entwickelt, sondern dass die Pflanze durch das freilich noch nicht näher bekannte sogenannte „Gift“ des destillirten Wassers frühzeitig zu Grunde geht. Diese Thatsache gab Veranlassung zu einer Reihe von Vorversuchen mit Phaseolus vulgaris, die bei der Beschreibung der Kultur derselben Pflanze genauere Erklärung finden werden, und deren Ausfall war auch der Grund, eine Mischung von destillirtem mit Leitungswasser anzuwenden.

Chemische Analyse.

Die vorgenommenen Analysen erstreckten sich nicht allein auf Ermittelung des Chlorgehalts der Versuchs-Samen selbst, sondern es wurden auch Be-

stimmungen vorgenommen, um die durch das 24stündige Anquellen der Samen in Wasser den ersteren entzogene, sowie die beim Keimen der Samen aus diesen in die Keimlinge transportirte Menge Chlor zu eruiren. Schliesslich wurde sodann noch durch eine Reihe von Analysen festgestellt, wie viel Chlor die einzelnen Organe sowohl der in Normal- als auch der in chlorfreier Lösung gezogenen Pflanzen enthielten.

Der Gang beinahe sämmtlicher vorgenommenen Analysen war folgender: Zuerst wurden die von anhaftendem Staube befreiten Samen bei 100° längere Zeit getrocknet, dieselben pulverisirt, und wiederum einer Temperatur von 100° bis zum konstanten Gewicht ausgesetzt. Alsdann wurde das Pulver in einem bedeckten Tiegel längere Zeit sorgfältig erhitzt, bis vollständige Veraschung eingetreten war. Ferner wurden eine Anzahl Cotyledonen von den Keimlingen getrennt, beide Theile für sich zerschnitten und in der angegebenen Weise behandelt. Auch die einzelnen Theile der Pflanzen wurden zerschnitten und mit ihnen in gleicher Weise verfahren. Die erhaltenen Aschen wurden mit salpetersäurehaltigem Wasser durch Kochen extrahirt, die Flüssigkeit filtrirt, auf 100 *ccm* aufgefüllt und in der so gewonnenen Lösung der Chloride das Chlor bestimmt.

Diese Bestimmungen selbst wurden nach der für sehr geringe Chlormengen vorzüglichen titrimetischen Methode von VOLHARD ausgeführt. Dieselbe beruht darauf, dass beim Eintröpfeln von Rhodanammoniumlösung in eine Silberlösung, die Ferrisulfat enthält, das Silber als käsiges Rhodanid gefällt wird. Gleichzeitig tritt aber hierbei eine blutrothe Färbung durch Bildung von Eisenrhodanid auf, welche zunächst immer wieder, veranlasst durch die Umsetzung des Eisenrhodanids mit dem Silbersalz verschwindet, bis endlich sämmtliches Silbersalz als Rhodanid gefällt ist. Vermischt man daher eine chorhaltige Flüssigkeit mit einer bekannten Menge Silberlösung im Ueberschuss, so wird eine dem Chlor entsprechende Menge Silber als Chlorverbindung sich ausscheiden, die übrige Quantität Silber jedoch beim Zusatz von Rhodanammoniumlösung als Rhodanid zur Fällung gelangen. Zur Ausführung dieser Methode nun wurden je 25 *ccm* des zu titrirenden Aschenauszuges mit ca. 4—5 *ccm* Eisenalaunlösung versetzt, dann eine abgemessene Menge Silbernitratlösung und zwar bis zum geringen Ueberschuss derselben zugegeben ,und nun Rhodanammoniumlösung bis zur andauernd lichtgelbbraunen Färbung der Flüssigkeit zugesetzt.

Die Methode kam, wie erwähnt, bei fast sämmtlichen zur Ausführung gelangten Analysen zur Anwendung, nur zur Bestimmung des Chlorgehalts des Anquellwassers der Samen musste von derselben, einer geringen bräunlichen Färbung der Flüssigkeit wegen, Abstand genommen werden. Im Anquellwasser wurde daher das Chlor als Chlorsilber gewichtsanalytisch ermittelt. Das Wasser wurde zu diesem Zwecke mit Salpetersäure angesäuert, gelinde erhitzt und mit Silbernitratlösung versetzt. Das sich sodann käsig absetzende Chlorsilber wurde auf ein Filter gesammelt, getrocknet und in einen Tiegel gebracht. Das Filter wurde auf dem Tiegeldeckel sorgfältig verascht und der ganze Tiegel sodann bis zum Niederschmelzen des Chlorsilbers erhitzt. Aus dem letzteren wurde dann das Chlor berechnet.

Die Resultate dieser Analysen sind in folgenden Tabellen zusammengestellt, aus denen zugleich klar ersichtlich, welche geringe Mengen Chlor die Pflanzen

nach dem Entfernen der Cotyledonen oder des Endosperms zur Verfügung hatten.

Bemerkt sei noch, dass stets Mittelzahlen von je 4 angestellten Analysen als Resultate zur Notiz gelangten. Die Mengen sind in Milligramm ausgedrückt.

Phaseolus multiflorus ergab:

Bezeichnung der gewogenen resp. berechneten Substanz	Ganze Samen		Cotyledonen ohne Testa		Rumpf der Keimlinge		Anquellwasser von	
	100	1	2 × 100	2 × 1	100 St.	1 St.	100 Samen	1 Samen
Trockengewicht	75 200	752	66 165	661	9 120	91	—	—
Asche	5 012	50	2 225	22	648	6	—	—
Chlorgehalt	71,0	0,7	31,5	0,3	3,5	0,03	22,6	0,2

Berechnet man aus obigen Angaben die Mengen Chlor in Prozenten des Chlorgehaltes der ganzen Samen, so ergeben sich folgende Zahlen:

100 Samen	Cotyledonen ohne Testa	Rumpf der Keimlinge	Anquell-wasser	Differenz
Chlorgehalt = 100 . .	44,36	4,92	31,83	18,89

die die nicht uninteressante Thatsache erhellen, dass in dem Rumpf der Keimlinge nur ca. 5 pCt. des in den Samen enthaltenen Chlors zur Aufnahme gelangt sind, während durch das Abschneiden der Cotyledonen 44 pCt. entfernt wurden und ferner die sehr bedeutende Menge von 31,83 pCt. durch das Einquellen den Samen entzogen ist. Die Differenz von 18 sodann lässt sich einerseits aus dem Chlorgehalt der Testa, der nicht zur Bestimmung gelangte, andererseits aus weiterer Extraktion des Chlors aus den Cotyledonen, die in den Tagen bis zum Entfernen derselben erfolgt ist, und drittens auch wohl aus Fehlern der Analyse herleiten.

Die Analysen von Phaseolus vulgaris ergaben folgendes Resultat:

Bezeichnung der gewogenen resp. berechneten Substanz	Ganze Samen		Cotyledonen ohne Testa		Rumpf der Keimlinge		Anquellwasser von	
	100	1	2 × 100	2 × 1	100 St	1 St.	100 Samen	1 Samen
Trockengewicht	40 801	408	20 295	202	7256	72	—	—
Asche	2 010	20	1 185	11	580	5	—	—
Chlorgehalt	92,0	0,9	24,08	0,2	9,7	0,09	5,44	0,05

Berechnet man auch hier das Chlor in Prozenten des Chlorgehaltes der Samen:

100 Samen	Cotyledonen ohne Testa	Rumpf der Keimlinge	Anquell-wasser	Differenz
Chlorgehalt = 100 . .	26,17	10,54	5,49	58,22

so erhält man Daten, die einen grossen Unterschied zwischen Phaseolus multiflorus und vulgaris klar legen. Besonders zeigt sich bei letzterer die Abgabe des Chlors der Samen an das Anquellwasser als sehr gering, während auf der anderen Seite ziemlich erhebliche Mengen Chlor in den Rumpf der Keimlinge übergegangen sind.

Die Ergebnisse der Analysen endlich von Zea Mais sind die folgenden:

Bezeichnung der gewogenen resp. berechneten Substanz	Ganze Körner		Rumpf der Keimlinge		Anquellwasser von	
	100	1	100 St.	1 St.	100 Körnern	1 Korn
Trockengewicht	29 811	298	4321	43	—	—
Asche	3 510	35	172	1	—	—
Chlorgehalt	87,0	0,8	13,5	0,1	14,90	0,1

Das Chlor in Prozenten des Chlorgehaltes der Körner:

100 Körner	Rumpf der Keimlinge	Anquell-wasser
Chlorgehalt = 100 . . .	15,51	17,12

Die Zahlen aller drei Tabellen nun beweisen, dass die Menge Chlor, die einem jeden Pflänzchen von Phaseolus multiflorus, Phaseolus vulgaris und Zea Mais zur Verfügung stand, eine höchst minimale war und zwar betrug sie bei Beibehaltung der Cotyledonen resp. des Endosperms 0,1, 0,15 + n und 0,7 *mg*, bei Entfernung dieser Reservestoffspeicher jedoch nur 0,03, 0,09 + n und 0,1 *mg*.

Ueber die Befunde der Analysen der einzelnen Theile der Pflanzen wird bei Ausführung der bezüglichen Kulturen berichtet werden.

I. Versuche mit Phaseolus multiflorus.

Zu den Kulturen mit Phaseolus multiflorus wurden am 27. März eine Anzahl Samen in destillirtem Wasser eingequellt und nach Verlauf von 24 Stunden in NOBBE'sche Keimapparate gebracht. Nachdem das Würzelchen eine Länge von 1—2 *cm* erreicht hatte, wurden die Pflänzchen in je $3^1/_2$ Liter fassende Gefässe, die mit Gaze überspannt waren, ausgesetzt und zwar so, dass die Würzelchen in die Maschen der Gaze gesteckt wurden. Hierbei kamen drei Gefässe zur Anwendung, das eine mit Normallösung, das andere mit chlorfreier Lösung und das dritte mit destillirtem Wasser gefüllt. Sämmtliche Theile der Pflänzchen, auch die Wurzeln zeigten von jetzt an langsames, normales Wachsthum. Nach ungefähr 8 Tagen fing bei allen die Plumula an, sich zwischen den Cotyledonen hervorzustrecken. Als wiederum nach einiger Zeit das epicotyle Glied ungefähr 4 *cm* lang geworden war, wurden je fünf Stück der Pflänzchen in der Normal- und in der chlorfreien Lösung die Cotyledonen abgeschnitten. Nur von den Kulturen in destillirtem Wasser waren noch nicht solche Fortschritte gemacht, dass auch bei ihnen diese Operation hätte vorgenommen werden können, so dass diese Kultur schon jetzt sich um 48 Stunden zurückstellte. Nach einigen

Tagen waren die ersten Internodien 8—10 *cm* lang geworden und wurden nun die Pflanzen in je 1 Liter der betreffenden Nährlösung enthaltende Glasflaschen gebracht, die mit einem durchbohrten Kork verschlossen und mit schwarzem Papier umhüllt waren. Die Kulturen selbst wurden zuerst an einem sonnigen Platz im Arbeitssaal, später im Kalthaus des Instituts aufgestellt.

Zur Ausführung gelangten demnach 6 Kulturen und zwar:

I.	Reihe: Pflanzen	in	Normallösung	mit	Beibehaltung der Cotyledonen
II.	„ „	„	„	„	Entfernung „ „
III.	„ „	„	chlorfr. Lösung	„	Beibehaltung „ „
IV.	„ „	„	„	„	Entfernung „ „
V.	„ „	„	destillirt. Wasser	„	Beibehaltung „ „
VI.	„ „	„	„	„	Entfernung „ „

Schon nach kurzer Zeit zeigte sich ein geringes Zurückbleiben der Reihen III und IV, während die Reihen V und VI nach Entwickelung der Primordialblätter eingingen. Auch waren die Wurzeln der Pflanzen der ersten und zweiten Reihe gesunder, als die der folgenden. Wie überhaupt zu erwarten war, wiesen die Kulturen der Pflanzen ohne Cotyledonen im Ganzen geringere Dimensionen auf. Täglich wurde das durch die Transpiration verbrauchte Wasser in den Kulturen ergänzt, dieselben einer täglichen Beobachtung unterworfen, sowie auch in bestimmten Zwischenräumen die Nährstofflösung gänzlich erneuert. Da schon von einigen Experimentatoren mit chlorfreien Nährflüssigkeiten darauf hingewiesen ist, dass beim Fehlen dieses Elementes die Lösungen eine zunehmende alkalische Reaktion aufweisen die mit dem Verarbeiten der Nährstoffe seitens der Pflanzen gleichen Schritt hält, so wurde auf das Erneuern der Lösungen eine besondere Sorgfalt verwendet und dadurch jede Alkalisation verhindert.

Die Versuchspflanzen wurden nun nicht bloss nach ihrem makroskopischen Aussehen, und nach ihrer mikroskopischen Beschaffenheit, sondern auch besonders nach den Quantitäten ihrer Chlormengen einem genauen Studium unterworfen.

Makroskopischer Befund.

Die folgenden Tabellen, sowie die angefügte photographische Aufnahme (Tafel I) der Kulturen werden im Stande sein, ein klares Bild der Pflanzen von Phaseolus multiflorus zu liefern. Erwähnt sei noch, dass nur der gemeinsame Blattstiel und die Lamina des mittleren bei den aus drei Blättchen bestehenden Blättern gemessen wurde.

Reihe I.

Pflanzen in Normallösung mit Beibehaltung der Cotyledonen.

Nr. 1. Befunde am 30. April, nach 34 Tagen.

Terminalknospe gesund, 1,5 *cm* lang.

	Stiel	Lamina
8. Blatt dreitheilig	1 *cm* lang	1,0 *cm* lang, 1,0 *cm* breit.
6. Internodium 5 *cm* lang,		
7. Blatt dreitheilig	1,5 „ „	1,5 „ „ 1,0 „ „
5. Internodium 7 *cm* lang,		
6. Blatt dreitheilig	4,5 „ „	4 „ „ 3,5 „ „
4. Internodium 3 *cm* lang,		
5. Blatt dreitheilig	5 „ „	4,5 „ „ 3,5 „ „

	Stiel	Lamina
3. Internodium 13 *cm* lang,		
3. und 4. Blatt dreitheilig . .	6,5 *cm* lang	5,5 *cm* lang, 5 *cm* breit.
2. Internodium 8,5 *cm* lang, 4 *mm* dick,		
1. und 2. Blatt Primordialblätter	6,0 „ „	9 „ „ 8,5 „ „

1. Internodium 13,5 cm lang, 4 *mm* dick.

Gesammtlänge des Stengels: 51,5 *cm*.
Hypocotyles Glied 4 *mm* dick.
Wurzeln gesund, Hauptwurzel 30 *cm* lang.
20 Nebenwurzeln 1. Ordnung ungefähr 30 *cm* lang.
Zahlreiche Nebenwurzeln 2. Ordnung bis zu 5 *cm* lang.

Nr. 2. Befund am 16. Mai, nach 50 Tagen.
Terminalknospe gesund, 8 *cm* lang.

	Stiel	Lamina
14. Blatt	0,25 *cm* lang	noch nicht entfaltet.
12. Internodium 5 *cm* lang,		
13. Blatt	0,5 „ „	„ „ „
11. Internodium 7,5 *cm* lang,		
12. Blatt dreitheilig	0,25 „ „	0,75 *cm* lang, 0,5 *cm* breit.
10. Internodium 8 *cm* lang,		
11. Blatt dreitheilig	4 „ „	4 „ „ 3 „ „
9. Internodium 8 *cm* lang,		
10. Blatt dreitheilig	6 „ „	7 „ „ 6 „ „
8. Internodium 8,5 *cm* lang,		
9. Blatt dreitheilig	6,5 „ „	8 „ „ 7 „ „
7. Internodium 6,5 *cm* lang,		
8. Blatt dreitheilig	6 „ „	6 „ „ 6 „ „
6. Internodium 7 *cm* lang,		
7. Blatt dreitheilig	5,5 „ „	7 „ „ 6 „ „
5. Internodium 7 *cm* lang,		
6. Blatt dreitheilig	6 „ „	6,5 „ „ 6 „ „
4. Internodium 3 *cm* lang,		
5. Blatt dreitheilig	7 „ „	7 „ „ 5 „ „
3. Internodium 13 *cm* lang,		
3. und 4. Blatt dreitheilig . .	5,5 „ „	6 „ „ 5 „ „
2. Internodium 8,5 *cm* lang,		
1. und 2. Blatt Primordialblätter	6,5 „ „	9 „ „ 7,5 „ „

1. Internodium 12 cm lang, 4 *mm* dick.

Gesammtlänge des Stengels 102 *cm*.
Hypocotyles Glied 5 *mm* dick.
Wurzeln gesund, Hauptwurzel 27 *cm* lang.
Zahlreiche Nebenwurzeln 1. Ordnung ungefähr 27 *cm* lang.
„ „ 2. „ „ 10 „ „

Reihe II.

Pflanzen in Normallösung mit Entfernung der Cotyledonen.

Nr. 3. Befund am 30. April, nach 34 Tagen.
Terminalknospe gesund, 1 *cm* lang.

	Stiel	Lamina
5. Blatt dreitheilig	0,5 *cm* lang	1 *cm* lang 0,5 *cm* breit.
3. Internodium 3,5 *cm* lang.		
3. und 4. Blatt dreitheilig . . .	3,5 „ „	6 „ „ 6 „ „
2. Internodium 7,5 *cm* lang, 2 *mm* dick.		
1. u. 2. Blatt Primordialblätter . .	3,5 „ „	6 „ „ 6 „ „

1. Internodium 11 cm lang, 3 *mm* dick.

Gesammtlänge des Stengels 25 *cm*.
Hypocotyles Glied 3 *mm* dick.
Wurzeln gesund. Hauptwurzel 15 *cm* lang.
8 Nebenwurzeln 1. Ordnung, 10 *cm* lang.
Zahlreiche Nebenwurzeln 2. Ordnung bis 1,5 *cm* lang.

Nr. 4. Befund am 16. Mai, nach 50 Tagen.

Terminalknospe gesund; 3 *cm* lang.
11. Blatt noch nicht entfaltet.

	Stiel	Lamina
9. Internodium 8,5 *cm* lang.		
10. Blatt dreitheilig	3 *cm* lang	3 *cm* lang, 3,5 *cm* breit.
8. Internodium 7,5 *cm* lang.		
9. Blatt dreitheilig	5 „ „	3 „ „ 3,5 „ „
7. Internodium 5 *cm* lang.		
8. Blatt dreitheilig	5,5 „ „	6,5 „ „ 4 „ „
6. Internodium 6,5 *cm* lang.		
7. Blatt dreitheilig	6 „ „	7 „ „ 5 „ „
5. Internodium 6,5 *cm* lang.		
6. Blatt dreitheilig	6 „ „	6,5 „ „ 4 „ „
4. Internodium 5 *cm* lang.		
5. Blatt dreitheilig	7 „ „	6,5 „ „ 5 „ „
3. Internodium 7,5 *cm* lang.		
3. und 4. Blatt dreitheilig . . .	6 „ „	6 „ „ 4 „ „
2. Internodium 8 *cm* lang.		
1. u. 2. Blatt Primordialblätter . .	3,5 „ „	6 „ „ 5 „ „

1. Internodium 11 cm lang, 3 *mm* dick.

Gesammtlänge des Stengels 68 *cm*.
Hypocotyles Glied 3,5 *mm* dick.
Wurzeln gesund, Hauptwurzel 18 *cm* lang.
Zahlreiche Nebenwurzeln 1. Ordnung ungefähr 20 *cm* lang.
„ „ 2. „ „ 7 „ „

Vergleicht man die Fortschritte, die von den Pflanzen in Normallösung sowohl bei Beibehaltung, als auch bei Entfernung der Cotyledonen in vegetativer Hinsicht gemacht sind, so ist ersichtlich, dass beide Kulturen ein normales Wachsthum zeigen, das sich mit kleinen Unterschieden in der Wurzelbildung als völlig identisch mit dem in Erde gewachsener Pflanzen erweist. Die Wurzeln selbst waren rein weiss und gesund und hatten sich in einer mit der Entfaltung der Blätter gleichen Schritt haltenden Weise entwickelt. Die Stengel umrankten ihre Stützen. Die Pflanzen der Reihe II zeigten ein entsprechendes Zurückbleiben, eine verkleinerte Form sämmtlicher Organe, doch waren dieselben völlig gesund. Alle aber gelangten zur Blüthenentwickelung und reichlicher Fruchtbildung.

Die Pflanzen der Reihen III und IV ergaben bei der Messung folgende Resultate:

Reihe III.

Pflanzen in chlorfreier Lösung mit Beibehaltung der Cotyledonen.

Nr. 5. Befund am 30. April, nach 34 Tagen.

Terminalknospe gesund.

	Stiel	Lamina
4. Blatt dreitheilig	1,5 *cm* lang	2 *cm* lang, 1,5 *cm* breit.
3. Internodium 2,5 *cm* lang, 2 *mm* dick.		
3. Blatt dreitheilig	2 „ „	4,5 „ „ 3,5 „ „
2. Internodium 5,5 *cm* lang, 2 *mm* dick.		
1. u. 2. Blatt, Primordialblätter .	4,5 „ „	10 „ „ 11 „ „

1. Internodium 10 cm lang, 5 *mm* dick.

Gesammtlänge des Stengels 18 *cm*.
Hypocotyles Glied 3 *mm* dick.
Wurzeln erkrankt, Hauptwurzel 5 *cm* lang.
13 Nebenwurzeln 1. Ordnung bis 10 *cm* lang.
Einige „ 2. „ „ 0,5 „ „

Nr. 6. Befund am 16. Mai, nach 50 Tagen.

Terminalknospe sowie oberen Blätter abgestorben und abgefallen.

2. Internodium 6 *cm* lang.

	Stiel	Lamina
1. u. 2. Blatt, Primordialblätter .	3,5 *cm* lang	10 *cm* lang, 9,5 *cm* breit.

1. Internodium 14 cm lang, 5 *mm* dick.

Gesammtlänge des Stengels 20 *cm*.
Hypocotyles Glied 4 *mm* dick.
Wurzeln, besonders Hauptwurzel erkrankt.
Nebenwurzeln kurz.

Reihe IV.

Pflanzen in chlorfreier Lösung mit Entfernung der Cotyledonen.

Nr. 7. Befund am 30. April, nach 34 Tagen.

Terminalknospe gesund.

	Stiel	Lamina
3. und 4. Blatt dreitheilig	1 *cm* lang	1 *cm* lang, 1 *cm* breit.
2. Internodium 5 *cm* lang.		
1. u. 2. Blatt, Primordialblätter . .	3 „ „	5 „ „ 4 „ „

1. Internodium 7 cm lang, 3 *mm* dick.

Gesammtlänge des Stengels 12 *cm*.
Hypocotyles Glied 3 *mm* dick.
Hauptwurzel erkrankt, 2 *cm* lang.
7 Nebenwurzeln 1. Ordnung bis 1 *cm* lang.
Einige „ 2. „ „ 1 „ „

8. Befund am 16. Mai, nach 50 Tagen.

Terminalknospe abgestorben.

	Stiel	Lamina
3. und 4. Blatt dreitheilig . . .	1,5 *cm* lang	1 *cm* lang, 1 *cm* breit.
2. Internodium 5 *cm* lang.		
1. und 2. Blatt, Primordialblätter .	3,5 „ „	6 „ „ 6 „ „

1. Internodium 9 cm lang, 2 mm dick.

Gesammtlänge des Stengels 14 *cm*.
Hypocotyles Glied 3 *mm* dick.
Alle Wurzeln erkrankt und kurz.

Beide Reihen ergeben sogleich grosse Unterschiede der in chlorfreier Lösung gezogenen Pflanzen von denen in Normallösung gewachsenen, Unterschiede, die auch auf der beigefügten am Tage der letzten Messung ausgeführten photographischen Aufnahme (Tafel I) deutlich ersichtlich sind. Zur Zeit der ersten Messung waren die Pflanzen der Reihe III noch gesund und kräftig entwickelt, wenn auch die Form sämmtlicher Exemplare eine gedrungene war. Die Blätter waren tiefgrün und übertrafen an Grösse sogar die der Reihe I, doch variirten sie insofern, als die Stengel etwas kürzer und daher die Blätter mehr in Büscheln angeordnet waren. Die Wurzeln, sowohl Haupt- wie Nebenwurzeln hatten weisses und gesundes Aussehen. Die Pflanzen der Reihe IV, denen also schon früh die Cotyledonen genommen waren, zeigten zur gleichen Zeit normale, wenn auch beinahe zierlich zu nennende Ausbildung ihrer Organe, wiesen jedoch nicht gedrungene Form auf. Ihre Internodien waren gestreckt, so dass bei ihnen das Bedürfniss, sich um eine Stütze zu wenden, allmählich hervortrat. Nach kurzer Zeit aber starben bei allen Exemplaren beider Reihen die Terminalknospen ab; jedoch verdient hervorgehoben zu werden, dass diese Krankheitserscheinung, durch die das Aufhören der normalen Vegetation angezeigt wurde, bei den Exemplaren der Reihe IV ebenfalls einige Tage später eintrat. Es ist demnach wohl nicht unwahrscheinlich, dass auf der einen Seite die Pflanzen der Reihe III alles ihnen zur Verfügung stehende Chlor zur Ausbildung der Primordialblätter verbraucht und sodann zu vegetativer Entwickelung folgender Internodien und Blätter keine Energie mehr gehabt haben, während auf der anderen Seite die Exemplare der Reihe IV, veranlasst durch das frühe Entfernen ihrer Reservestoffbehälter, von Anfang an sparsamer mit den wenigen ihnen gebotenen Nährstoffen, und somit auch des Chlors, verfahren und in Folge dessen die Bildung des dritten und vierten Blattes ermöglicht zu haben scheinen.

Ein Hauptmerkmal eingetretener Erkrankung sämmtlicher in chlorfreier Lösung gezogenen Pflanzen war ferner die Verkümmerung der Wurzeln. Die Hauptwurzeln selbst blieben kurz und starben bald ab und auch die wenigen Nebenwurzeln, die sich entwickelt hatten, verharrten in der Form kleiner, stumpfer Kegel. Wenn jedoch von früheren Forschern als die hervorragendsten Kennzeichen der in chlorfreier Lösung kultivirten Pflanzen ringförmige Anschwellung besonders der jüngeren Stengeltheile, Einrollen der Blattspitzen, blasig aufgeworfene Flecken auf der Unterseite der Blätter verzeichnet sind, so muss dagegen konstatirt werden, dass bei Phaseolus multiflorus diese Symptome in keiner Hinsicht zur Beobachtung kamen. Nach kurzer Zeit fielen die obersten Blätter ab und die Pflanzen selbst gingen zu Grunde.

Die Pflanzen endlich der Reihen V und VI gaben bei der ersten Messung die nachstehenden Zahlen, waren aber bei der zweiten Messung schon vollständig abgestorben.

Reihe V.

Pflanzen in destillirtem Wasser, mit Beibehaltung der Cotyledonen.

Nr. 9. Befund am 30. April, nach 34 Tagen.

Terminalknospe gesund, 0,5 *cm* lang.

3. Blatt noch nicht entwickelt.

2. Internodium 4 *cm* lang.

	Stiel	Lamina
1. und 2. Blatt Primordialblätter .	3 *cm* lang,	4,5 *cm* lang, 5 *cm* breit.

1. Internodium 5 cm lang, 3 *mm* dick.

Gesammtlänge des Stengels 9,5 *cm*.

Hypocotyles Glied 3 *mm* dick.

Wurzeln erkrankt, Hauptwurzel 1 *cm* lang.

4 Nebenwurzeln 1. Ordnung bis 5 *cm* lang.

Einige Nebenwurzeln 2. Ordnung bis 0,25 *cm* lang.

Reihe VI.

Pflanzen in destillirtem Wasser, mit Entfernung der Cotyledonen.

Nr. 10 Befund am 30. April, nach 34 Tagen.

Terminalknospe gesund, 1 *cm* lang.

	Stiel	Lamina
1. und 2. Blatt Primordialblätter .	3 *cm* lang,	5 *cm* lang, 4,5 *cm* breit.

1. Internodium 10 cm lang, 3 *mm* dick.

Gesammtlänge des Stengels 11 *cm*.

Hypocotyles Glied 3 *mm* dick.

Wurzeln erkrankt, Hauptwurzel 1 *cm* lang.

3 Nebenwurzeln 1. Ordnung bis 6 *cm* lang.

Einige Nebenwurzeln 2. Ordnung bis 0,25 *cm* lang.

Anatomischer und mikrochemischer Befund.

Bei Erörterung des anatomischen und mikrochemischen Befundes wurde hauptsächlich eine Beantwortung der Fragen angestrebt:

„welche Verschiedenheiten weist einerseits der innere Bau der Pflanzen“ andererseits

„der Verlauf der chemischen Prozesse der Assimilation und des Stoffwechsels auf?“

Zur Lösung dieser Aufgabe wurden namentlich die mechanischen Elemente in den Internodien, Blattstielen und Wurzeln, ferner die Verbreitung von Chlorophyll, Stärke, Zucker u. s. w. einem Vergleiche unterzogen. Die mikrochemischen Ermittelungen überhaupt erstreckten sich auf sämmtliche Produkte der assimilatorischen Thätigkeit einer Pflanze, besonders aber wurde das Vorkommen von Stärke in den Stammgliedern und den Blattstielen, sowie in den Blättern beobachtet, da nach NOBBE's Untersuchungen bei in chlorfreier Lösung gezogenem Buchweizen enorme Mengen derselben in den genannten Organen auftraten und die Vermuthung nahe lag, dass auch bei diesen Versuchspflanzen gleiche Verhältnisse sich einstellen würden.

Zum Nachweis dieses Kohlehydrates und besonders auch Spuren desselben in grünen Theilen der Pflanzen wurden nach der von BÖHM vorgeschlagenen und von SACHS verbesserten Methode die zu untersuchenden Organe in Alkohol

liegend bis zur Entfärbung dem Lichte exponirt, dann die Schnitte einige Stunden in mässig verdünnte Kalilauge gebracht, mit Essigsäure angesäuert und mit Jodlösung geprüft.

Zur Ermittelung des Zuckers diente die TROMMER'sche Probe. Nicht zu dünne Schnitte wurden mit konzentrirter Kupfervitriollösung getränkt, hierauf rasch mit Wasser abgespült, in starke Kalilauge gelegt und erwärmt. Nitrate wurden nach dem von MOLISCH empfohlenen Verfahren im Zellsafte mittelst Diphenylamin-Schwefelsäure, Eiweiss durch Jodalkohol, Gerbsäure nach der SACHS'schen Methode mittelst Eisenchlorid nachgewiesen. Zum Auffinden endlich des Asparagins ist von BORODIN ein Verfahren in Anwendung gebracht, welches darauf beruht, dass Alles, was Asparagin ist, in einer gesättigten Lösung dieses Amids unlöslich sein muss. Handelt es sich demnach um die Frage, ob ein Krystall, den man aus den Pflanzenzellen abgeschieden hat, als Asparagin, oder als eine anderweitigr Substanz anzusprechen ist, so hat man denselben nur mit einem Tropfen vollkommen gesättigter Asparaginlösung in Berührung zu bringen. Ein Asparaginkrystall würde von der gesättigten Lösung nicht aufgenommen. Eine mikroskopische Beobachtung solcher Art währt aber sicher einige Minuten, während welcher Zeit das Wasser der Asparaginlösung zum Theil verdunstet, so dass etwa zurückbleibende Krystalle auch der zugesetzten Lösung entstammen könnten. Sicherer ist es demnach, zum Nachweise dieses Säureamides Schnitte von mässiger Dicke auf den Objektträger zu bringen und dann zu dem Präparate langsam Alkohol treten zu lassen mit der Vorsicht, dass derselbe nicht zu schnell in die Zellen eindringt, damit das Asparagin aus diesen herausdiosmiren kann. Das Asparagin schiesst sodann in der Nähe des Objektes oder auf diesem selbst in leicht erkennbaren Krystallen, besonders als Rhomben mit Abstumpfungen an den spitzen Ecken oder auch als blumenkohlähnliche Anhäufungen an.

Den mikroskopischen und mikrochemischen Untersuchungen wurden alle Theile der Pflanzen sämmtlicher Reihen unterworfen.

Reihe I.

Pflanzen in Normallösung mit Beibehaltung der Cotyledonen.

Die Beobachtungen und Befunde der Reihe I sind im Folgenden ausführlich erörtert, während die Ergebnisse der weiteren Reihen sich diesen Ausführungen anlehnen.

Die oberen Stengelglieder befestigten sich einestheils durch eine starke Turgescenz ihrer Zellen, anderntheils durch die kollenchymatische Umbildung der unterhalb der Epidermis situirten Rindenparenchymzellen. Die Wandung der Bastfasern und Libriformzellen war in diesen oberen Internodien noch nicht genügend verdickt, um für eine Befestigung dieser Organe Sorge zu tragen. Mit dem wachsenden Umfang der letzteren hielt jedoch die Verdickung der Wandungen des Bastes und Libriforms unter gleichzeitigem Schwinden des Collenchyms gleichen Schritt. Analoge Verhältnisse der genannten Fasern und des Collenchyms wiesen auch die Blattstiele und von diesen hauptsächlich die Längskanten der Oberseite auf. Eine Ausnahme machten nur das epicotyle Glied und die Wurzeln, in denen die dickwandigen Blattfasern kaum noch zu entdecken waren. Das Gewebe der jüngsten Blätter bestand aus gleichartigen parenchymatischen Zellen; mit zunehmendem Alter — die Lamina hatte eine

Grösse von ungefähr 1—2 *cm* erreicht — trat jedoch die Differenzirung des Schwammparenchyms und Pallisadengewebes ein. In den Internodien, sowie in den Stielen der Blätter waren die Zellen des Markes resorbirt, im hypocotylen Gliede dagegen hatten sie sich erhalten.

In beinahe sämmtlichen Organen der Pflanzen fanden sich reichliche Mengen Chlorophylls vor. In den Blattspreiten wiesen dasselbe sowohl das Schwammparenchym, als auch das Pallisadengewebe, dieses jedoch in weit bedeutenderem Masse, auf. In den Blattstielen und Stengeln zeigte es sich hauptsächlich in der Nähe der Stärkescheide. Denselben Platz behauptete es bis zum hypocotylen Gliede. In den unteren Internodien waren überhaupt fast alle Gewebe chlorophyllhaltig.

Auch Stärke fand sich mit wenigen Ausnahmen in sämmtlichen Organen der Pflanzen. In den Schliesszellen der Spaltöffnungen der Epidermis der Internodien und Blattstiele, sowie der Blätter, war die Reaktion nicht zu verkennen, in den letzteren freilich erst dann, nachdem die Lamina sich bis zu einer Länge von 2—3 *cm* entwickelt hatte. Hier trat sie zuerst auf der Unterseite der Blätter, sodann auch auf der Oberseite auf. Ferner fand sich Amylum im jüngeren Stadium der Blätter in geringer Menge im Mesophyll derselben, während zu dieser Zeit nur die Stärkescheide des Blattstiels und auch diese nur minimale Quantitäten aufwies. Bei weiterem Wachsthum der Blätter zeigten sich im Mesophyll bedeutendere Mengen Stärke. In der Stärkescheide der jüngeren Internodien der Pflanzen liess sich sodann ziemlich viel Stärke nachweisen, dieselbe verlor sich jedoch mit der definitiven Ausbildung der Bastfasern zum grössten Theil, trat aber in diesem Stadium der Pflanze, wenn auch in minimalen Spuren, im Mark- sowie im Holzparenchym auf. In der Rinde der älteren sowie jüngeren Internodien waren nur Spuren dieses Kohlehydrats zu konstatiren. In der Wurzel zeigte sich nur wenig Amylum in der Nähe der Gefässe. Zucker trat nie in grossen Mengen auf; nachweisbare Spuren fanden sich jedoch fast stets in dem die Gefässbündel unmittelbar umgebenden Leitparenchym, sowie ab und zu im Markparenchym. Auch Gerbstoff war in beinahe sämmtlichen Organen der Pflanzen nachzuweisen. Er fand sich sowohl in den Internodien, als in den Stielen der Blätter; besonders in dem Siebtheile der Gefässbündel liessen sich durch die Eisenreaktion einzelne, oder in kleinen Gruppen stehende senkrechte Reihen prismatischer Zellen als mit diesem Stoffe gefüllt erkennen. In den Wurzeln war Gerbstoff dagegen nicht nachzuweisen. Eine ebenso allgemeine Verbreitung zeigten die Nitrate. Dieselben traten häufiger in den Rinden und Markgeweben, als in den Gefässen auf. Die unteren Internodien enthielten jedoch geringere Mengen als die oberen. Auch Eiweiss konnte sehr häufig, besonders in den Siebröhren nachgewiesen werden. Das Vorhandensein von Asparagin liess sich dagegen mit Sicherheit nirgends konstatiren. In der Nähe der Siebröhrenbündel der unteren Internodien war ferner ziemlich häufig Calciumoxalat zur Auskrystallisation gelangt. Einige Krystalle dieses Salzes fanden sich auch in den älteren Blättern auf der Grenze von Schwammparenchym und Pallisadenschicht.

Reihe II.

Pflanzen in Normallösung mit Entfernung der Cotyledonen.

Sämmtliche Exemplare dieser Reihe wiesen, wie schon die oben zusammengestellten morphologischen Beobachtungen ergeben, eine normale Ausbildung

ihrer Organe auf, wenn auch dieselbe eine dimensional geringere als die der vorigen Reihe war. Ebenso zeigte sich auch bei diesen Pflanzen der anatomische Bau in verkleinertem Massstabe. Ueberall gelang auch hier der Nachweis von Stärke, wie auch Zucker und Nitrate ein gleich allgemeines Vorkommen aufwiesen Wie die Pflanzen der Reihe I zeigten auch diese sich frei von Asparagin. Es ist also unverkennbar, dass das Abschneiden der Cotyledonen nur ein Zurückbleiben der ganzen vegetativen Thätigkeit, nicht aber ein Sistiren des Wachsthums oder irgend einer anderen einzelnen Lebensthätigkeit zur Folge gehabt hat, wie denn auch sämmtliche Produkte der assimilatorischen Thätigkeit eine dem morphologischen Bau entsprechende Reduktion aufwiesen.

Reihe III.

Pflanzen in chlorfreier Lösung mit Beibehaltung der Cotyledonen.

Nach dem makroskopischen Befunde wäre ein ziemlich bedeutendes Abweichen der anatomischen Verhältnisse der Pflanzen dieser von denen der Reihe I zu erwarten gewesen, doch auch hier zeigte sich ein normaler innerer Aufbau aller Organe. Die Anordnung der Gefässe, der Bau der Blätter, die Differenzirung des Schwamm- und Pallisadengewebes, die Bildung der Schliesszellen auch auf den Blattoberseiten, sowie die Resorption des Markes im zweiten Internodium und den Stielen der Primordialblätter waren analog denen der Reihe I. Sämmtliche Organe, besonders auch die Pallisadenzellen, waren angefüllt mit sehr grossen Mengen Chlorophylls. Ebenso liess sich Amylum in der Stärkescheide, wie auch nicht geringe Mengen desselben in den Chlorophyllkörnern der Blätter, sowie in den Schliesszellen der Spaltöffnungen konstatiren. Dagegen gelang in keinem Organ der Pflanzen dieser Reihe der Nachweis von Gerbstoff, auch das Vorhandensein von Asparagin war nicht zu ermitteln, wohl aber traten Zucker und Nitrate an gleicher Stelle und in gleicher Quantität wie bei den Exemplaren der Reihe I auf.

Reihe IV.

Pflanzen in chlorfreier Lösung mit Entfernung der Cotyledonen.

Die Pflanzen dieser Reihe endlich zeigten, wie die der Reihe II, nur eine entsprechende Reduktion aller Theile. Die anatomischen, sowie mikrochemischen Verhältnisse blieben qualitativ dieselben, mit einziger Ausnahme des Gerbstoffes, dessen Reaktion auch hier negativ verlief; quantitativ entsprachen sie der Grösse der Pflanzen.

Trockengewichtsbestimmungen und chemische Analyse.

Nicht allein die grossen morphologischen Unterschiede zwischen den mit und ohne Chlor gezogenen Pflanzen liefern den klaren Beweis, dass das Chlor als konstitutiver Faktor bei Phaseolus multiflorus wohl nicht zu übersehen ist, sondern auch die vorgenommenen Trockengewichtsbestimmungen, sowie die Ermittelungen des Chlorgehalts der einzelnen Theile der Pflanzen. Diese Bestimmungen selbst sind bei beiden Kulturen zu der Zeit ausgeführt, als durch das Absterben der Terminalknospe der in chlorfreien Lösungen gewachsenen Exemplare das Aufhören der Vegetation angezeigt wurde.

In folgender Zusammenstellung finden sich die Resultate verzeichnet:

	I. Trockengewicht von 100 Stück		II. Aschengewicht von I.		III. Chlorgehalt von I.	
	Normal-lösung	chlorfreie Lösung	Normal-lösung	chlorfreie Lösung	Normal-lösung	chlorfreie Lösung
Wurzeln + hypocotyles Glied .	14008	11256	2740	1460	74,96	1,56
I. Stengelglied und Primordialblätter und Stiele derselben .	25376	24468	3652	2960	104,64	2,27
II. und weitere Stengelglieder und zugehörige Blätter . .	25504	15996	3188	2200	66,96	6,64
Die ganzen Pflanzen ergaben demnach	64888	51170	9580	6620	246,56	10,47

Als Ergebniss dieser Zahlen ist zuerst anzuführen, dass die vegetative Thätigkeit der Pflanzen der Reihe III in gleichem Zeitraum eine bedeutend geringere als die der Reihe I gewesen ist, denn sie vermochte nicht allein nur 78 pCt. des Trockengewichtes der letzteren zu erreichen, sondern auch die Aschenmengen der einzelnen Organe weisen in jeder Hinsicht geringere Quantitäten auf. Doch noch werthvollere Schlüsse lassen sich aus den Resultaten der Chloranalysen folgern. Ausserdem, dass die Pflanzen der Reihe I eine ungleich grössere Menge Chlor (246 *mg*) als die der Reihe III (10 *mg*) aufgenommen, ist auch von ihnen das Chlor in allen ihren Organen deponirt. Diesem Faktum nun stehen die Ergebnisse der Analysen der Reihe III nicht unbemerkenswerth entgegen. Während z. B. zur Zeit der Untersuchung von den Pflanzen der Reihe I in ihren „Wurzeln und hypocotylem Gliede“ 74 *mg*, in ihrem „I. Stengelgliede und Primordialblättern und Stielen derselben“ ja sogar 104 *mg* zurückgelassen sind, zeigen die ersteren Theile der Reihe III nur ein solches von 1 *mg*, die letzteren von 2 *mg*. Demnach ist der Gedanke wohl nicht ausgeschlossen, dass dieselben die minimalen Mengen Chlor, die ihnen in den Cotyledonen geboten wurden, zum Aufbau eines jeden einzelnen Organes verwendet, aber diesen sodann zur Entwicklung eines neuen Theiles wieder, wenn auch nicht vollständig, entzogen haben. Aber die Menge von 6 *mg*, die dem „II. und weiteren Stengelgliedern und zugehörigen Blättern“ zugeführt worden ist, ist anscheinend zu fernerer vegetativen Entfaltung zu gering und dieses Faktum vielleicht die Veranlassung des frühzeitigen Todes der Pflanzen gewesen.

Ueberblickt man nun die Befunde, die sich aus den Kulturen von Phaseolus multiflorus ergeben haben, so wird man dieselben wohl dahin vereinigen können,

> *„dass das Chlor ein nothwendiger Faktor des vegetativen Lebens für Phaseolus multiflorus und demnach der Reihe der für diese Pflanze erforderlichen Nährstoffe zuzugesellen ist.“*

II. Versuche mit Phaseolus vulgaris.

A. Vorversuche.

Schon bei Erörterung der „Methode der Untersuchungen“ sind die Gründe erwähnt, die die Ausführung einer Anzahl Vorversuche als nothwendig erscheinen liessen, bevor man der Kultur mit Phaseolus vulgaris näher treten konnte und zwar sollten durch diese vorausgeschickten Kulturen hauptsächlich die Fragen ventilirt werden:

„ob erstens destillirtes Wasser, dem die glühbeständigen Bestandtheile des gewöhnlichen Leitungswassers in denselben quantitativen Mengen zugesetzt sind, den Einfluss gewöhnlichen Leitungswassers auf die Pflanze auszuüben im Stande ist“

und zweitens

„einen wie grossen Zusatz destillirten Wassers zum Leitungswasser die Pflanzen ohne Nachtheil für ihre Entwicklung ertragen können?“

Eine Analyse des Berliner Leitungswassers ergiebt folgende Bestandtheile:

Kieselsäure	6,5	Milliontelprozent
Thonerde und Eisenoxyd . . .	0,9	„
Kalk	55,7	„
Magnesia	3,4	„
Kali	0,4	„
Natron	19,4	„
Chlor	13,1	„
Schwefelsäure	9,6	„
(Organische Substanz) und Spuren Salpetersäure	23,0	„

Diese Substanzen kamen in Form von Salzen, quantitativ präcisirt destillirtem Wasser gelöst, in der Versuchsflüssigkeit I zur Verwendung. Diese Lösung mag im Folgenden als „imitirtes Leitungswasser“ bezeichnet sein. Die weiteren Versuche erstreckten sich auf gewöhnliches Leitungswasser, reines destillirtes Wasser und Mischungen beider, so dass also folgende 7 Versuchsflüssigkeiten in Anwendung kamen:

I. imitirtes Leitungswasser,
II. reines destillirtes Wasser,
III. 995 Theile destillirtes Wasser und 5 Theile Leitungswasser,
IV. $^3/_4$ „ „ „ „ $^1/_4$ „ „
V. destillirtes Wasser und Leitungswasser gleiche Theile,
VI. $^1/_4$ Theil destillirtes Wasser und $^3/_4$ Theile Leitungswasser,
VII. Leitungswasser.

Die Versuche selbst wurden in gleicher Weise, wie die Kulturen mit Phaseolus multiflorus angestellt. Am 3. April wurden Samen von Phaseolus vulgaris eingequellt, die am 6. April in die mit Gaze überspannten Gefässe und am 9. April in die Literflaschen gebracht werden konnten. Auch hier wurden die Kulturen täglich beobachtet, sowie die Flüssigkeiten täglich mit den betreffenden Mischungen aufgefüllt. Schon am 15. April war ein Zurückbleiben der Pflanzen der Reihen I bis III zu erkennen, dem bald das völlige Absterben derselben folgte, und es ergiebt sich aus den Resultaten der III. Reihe, dass der verderbliche Einfluss des destillirten Wassers nicht auf einem etwaigen Fehlen von Mikroorganismen des natürlichen Wassers beruhen kann. Die Pflanzen der Reihen IV bis VII vegetirten jedoch kräftig, bildeten gesunde Wurzeln, sowie normal entwickelte Primordial- und folgende Blätter. Eine Photographie dieser Kulturen, die am 30. April zur Aufnahme gelangte, zeigt in anschaulicher Weise, dass noch ein Zusatz von $^3/_4$ Theilen destillirten Wassers zu $^1/_4$ Theil Leitungswasser die schädliche Wirkung des ersteren auf die Vegetation vollständig aufzuheben im Stande ist, und die Kulturen in einer solchen Mischung einen regelmässigen Aufbau sämmtlicher Organe der Pflanze aufweisen. Jenes Faktum aber gestattete eine bedeutende Reduktion des den Pflanzen sonst im

unverdünnten Leitungswasser zu bietenden Chlors. Der ziemlich hohe Gehalt des Berliner Leitungswassers an Chlor von 13 Milliontel Prozent legte ferner den Gedanken nahe, zu den Versuchen ein anderes kleinere Mengen Chlor enthaltendes Wasser zu verwenden. Ein solches wurde in einem Brunnenwasser der Stadt Zella gefunden, das nach angestellter Analyse einen Gehalt von nur 4 Milliontel Prozent Chlor aufwies. In Folge dessen kam dieses und zwar in der angegebenen Weise mit $^3/_4$ Theilen destillirten Wassers versetzt, zur Anwendung bei den Kulturen, so dass es also gelungen war, die in dem Lösungsmittel der Nährsalze enthaltenen Mengen Chlor auf die denkbar geringsten, auf ein Milliontel Prozent, herabzusetzen.

B. Hauptversuche.

Die Versuche selbst nun mit Phaseolus vulgaris wurden in einer denen mit multiflorus ganz analog laufenden Weise ausgeführt. Da von den Reihen V und VI abgesehen werden konnte, weil deren Resultate sich schon aus den Voruntersuchungen ergaben, so kamen also hier nur die Reihen I bis IV in Betracht. Die Untersuchungen erstreckten sich auch hier auf die morphologischen, mikrochemischen sowie anatomischen Verhältnisse der einzelnen Reihen, denen sich zum Schluss ebenfalls eine Anzahl chemischer Analysen anreihte.

Am 30. April wurden die Samen in destillirtem Wasser zum Quellen und am 1. Mai in die Keimapparate gebracht. Schon am 5. desselben Monats konnten die Pflänzchen auf die Gaze der mit beiderlei Lösungen gefüllten $3^1/_2$ Liter- und am 10. in die Liter-Gefässe selbst gesetzt werden.

Die Fortschritte dieser Kulturen ergeben sich aus folgenden Zusammenstellungen:

Reihe I.

Pflanzen in Normallösung mit Beibehaltung der Cotyledonen.

Nr. 1. Befund am 28. Mai, nach 28 Tagen.

Terminalknospe gesund, 1 *cm* lang.

7. Blatt noch nicht entfaltet.

6. Internodium 2 *cm* lang,

	Stiel	Lamina
6. Blatt dreitheilig	2 *cm* lang,	5 *cm* lang, 2,5 *cm* breit.
5. Internodium 17 *cm* lang,		
5. Blatt dreitheilig	6 „ „	9,5 „ „ 5 „ „
4. Internodium 13 *cm* lang,		
4. Blatt dreitheilig	7 „ „	9,5 „ „ 6,5 „ „
3. Internodium 8,5 *cm* lang,		
3. Blatt dreitheilig	10 „ „	4,5 „ „ 7 „ „
. Internodium 6 *cm* lang,		
1. und 2. Blatt, Primordialblätter .	5,5 „ „	8,5 „ „ 6 „ „

1. Internodium 3,5 cm lang.

Gesammtlänge des Stengels 51 *cm*.

Hypocotyles Glied 8 *cm* lang, 4 *mm* dick.

Wurzeln gesund, Hauptwurzel 13 *cm* lang.

21 Nebenwurzeln 1. Ordnung bis 12 *cm* lang.

Zahlreiche Nebenwurzeln 2. Ordnung bis 4 *cm* lang.

Nr. 2. Befund am 7. Juni, nach 38 Tagen.

Terminalknospe gesund, 1 *cm* lang.

	Stiel	Lamina
8. Blatt dreitheilig	4 *cm* lang,	8 *cm* lang, 4 *cm* breit.
6. Internodium 5 *cm* lang,		
7. Blatt dreitheilig	5 „ „	9 „ „ 6 „ „
5. Internodium 16 *cm* lang,		
6. Blatt dreitheilig	6 „ „	10 „ „ 6 „ „
4. Internodium 14 *cm* lang,		
5. Blatt dreitheilig	7 „ „	11 „ „ 7 „ „
3. Internodium 10 *cm* lang,		
3. und 4. Blatt dreitheilig . . .	10 „ „	11,5 „ „ 6 „ „
2. Internodium 8,5 *cm* lang,		
1. und 2. Blatt, Primordialblätter, abgefallen.		

1. Internodium 3,5 cm lang.

Gesammtlänge des Stengels 57 *cm*.

Hypocotyles Glied 10 *cm* lang, 4 *mm* dick.

Wurzeln gesund, Hauptwurzel 15 *cm* lang.

28 Nebenwurzeln 1. Ordnung bis 23 *cm* lang.

Zahlreiche Nebenwurzeln 2. Ordnung bis 9 *cm* lang.

Reihe II.

Pflanzen in Normallösung mit Entfernung der Cotyledonen.

Nr. 3. Befund am 28. Mai, nach 28 Tagen.

Terminalknospe gesund, 1 *cm* lang.

5. Blatt noch nicht entwickelt.

	Stiel	Lamina
4. Internodium 4 *cm* lang,		
4. Blatt dreitheilig	5 *cm* lang,	7 *cm* lang, 4 *cm* breit.
3. Internodium 4 *cm* lang,		
3. Blatt dreitheilig	8 „ „	10 „ „ 5 „ „
2. Internodium 5 *cm* lang,		
1. und 2. Blatt, Primordialblätter .	4 „ „	7 „ „ 6 „ „

1. Internodium 3 cm lang.

Gesammtlänge des Stengels 17 *cm*.

Hypocotyles Glied 5 *cm* lang, 3 *mm* dick.

Wurzeln gesund, Hauptwurzel 10 *cm* lang.

13 Nebenwurzeln 1. Ordnung 18 *cm* lang.

Zahlreiche Nebenwurzeln 2. Ordnung 3 *cm* lang.

Nr. 4. Befund am 7. Juni, nach 38 Tagen.

Terminalknospe gesund, 1 *cm* lang.

	Stiel	Lamina
6. Blatt dreitheilig	3 *cm* lang,	7 *cm* lang, 3 *cm* breit.
5. Internodium 6,5 *cm* lang,		
5. Blatt dreitheilig	7,5 „ „	12 „ „ 7,5 „ „
4. Internodium 11 *cm* lang,		
4. Blatt dreitheilig	6 „ „	11 „ „ 5 „ „
3. Internodium 9 *cm* lang,		
3. Blatt dreitheilig	8,5 „ „	11,5 „ „ 7 „ „
2. Internodium 7 *cm* lang,		

1. und 2. Blatt, Primordialblätter abgefallen.
1. Internodium 4 cm lang.
Gesammtlänge des Stengels 37,5 *cm*.
Hypocotyles Glied 8 *cm* lang, 3 *mm* dick.
Wurzeln gesund, Hauptwurzel 13 *cm* lang.
18 Nebenwurzeln 1. Ordnung, 19 *cm* lang.
Zahlreiche Nebenwurzeln 2. Ordnung, 4 *cm* lang.

Ueberblickt man die in vorstehenden Tabellen mitgetheilten Angaben, so ist klar ersichtlich, dass das Wachsthum der Pflanzen dieser Reihen ein vollständig normales war. Die Wurzeln waren rein weiss und gestreckt, die Blätter gesund entwickelt, lebhaft grün und flach ausgebreitet. Alle Exemplare gelangten zu reichlicher Blüthen- und Fruchtbildung. Das Abfallen der Primordialblätter ist eine Erscheinung, die auch bei Erdkulturen zur Beobachtung kommt. Die Pflanzen der Reihe II waren auch hier in entsprechendem Verhältniss reduzirt, bewiesen jedoch durch die gesunde Ausbildung von Wurzeln, Stengeln und Blättern, dass das Fehlen der Cotyledonen in keiner Weise eine Störung der vegetativen Funktionen zur Folge gehabt hat.

Die Befunde der Pflanzen der Reihen III und IV sind im Folgenden niedergelegt.

Reihe III.

Pflanzen in chlorfreier Lösung mit Beibehaltung der Cotyledonen.

Nr. 5. Befund am 28. Mai, nach 28. Tagen.
Terminalknospe abgestorben.

	Stiel	Lamina
1. und 2. Blatt Primordialblätter .	3,5 *cm* lang,	7 *cm* lang, 7 *cm* breit.

1. Internodium 4 cm lang.
Hypocotyles Glied 7 *cm* lang.
Wurzeln erkrankt, Hauptwurzel 3 *cm* lang.
10 Nebenwurzeln 1. Ordnung bis 8 *cm* lang.
Wenige Nebenwurzeln 2. Ordnung bis 0,25 *cm* lang.

Nr. 6. Befund am 7. Juni, nach 38 Tagen.
Lamina der Blätter 12 *cm* lang, 7,5 *cm* breit.
Wurzeln und hypocotyles Glied wie Nr. 5.

Reihe IV.

Pflanzen in chlorfreier Lösung mit Entfernung der Cotyledonen.

Nr. 7. Befund am 28. Mai, nach 28 Tagen.
Terminalknospe abgestorben.

	Stiel	Lamina
3. Blatt dreitheilig	0,5 *cm* lang,	2 *cm* lang, 1 *cm* breit.
2. Internodium 4 *cm* lang,		
1. und 2. Blatt, Primordialblätter .	5 „ „	7 „ „ 6 „ „

1. Internodium 3,5 cm lang.
Gesammtlänge des Stengels 7,5 *cm*.
Hypocotyles Glied 8 *cm* lang.
Wurzeln erkrankt, Hauptwurzel 3 *cm* lang.
8 Nebenwurzeln 1. Ordnung bis 6 *cm* lang.
Wenige Nebenwurzeln 2. Ordnung bis 0,2 *cm* lang.

Nr. 8. Befund am 28. Mai, nach 28 Tagen.
Befund wie Nr. 7.

Hier nun zeigen sich sowohl gänzliches Zurückbleiben der Vegetation, als auch nicht unbedeutende Krankheitserscheinungen. Bei allen Pflanzen dieser Reihen ist eine Entwickelung über das dritte Blatt hinaus als nicht erreicht zu konstatiren, wie auch bei allen ein frühes Absterben der Terminalknospe zu verzeichnen ist. Wie auf Tafel II zu sehen ist, bekam das erste Internodium unmittelbar unterhalb der beiden Primordialblätter eine Anschwellung etwa bis auf die anderthalbfache Breite des unteren Theiles und daselbst war die Epidermis in $^1/_2$—1 *cm* langen Längsrissen aufgeplatzt. Die Wurzeln waren erkrankt und von schmutzig weisser Farbe. Bei den Hauptwurzeln starb der Vegetationspunkt recht bald ab, auch die Ausbildung der Nebenwurzeln 1. Ordnung war an Zahl eine geringe, während die Nebenwurzeln 2. Ordnung kaum zur Entwickelung kamen. Aber auch hier bewiesen die Pflanzen der Reihe IV eine grosse vegetative Thätigkeit, gerade als ob auch sie durch das frühzeitige Entfernen ihrer Reservestoffbehälter sich an einen sparsameren Verbrauch der wenigen ihnen zu Gebote stehenden Baustoffe gewöhnt und dadurch eine vermehrte Produktion der Organe ermöglicht hätten. Die Pflanzen dieser Reihen gingen bald zu Grunde. Eine am 31. Mai angefertigte Photographie (Tafel II) giebt ein klares Bild der geschilderten Verhältnisse.

Anatomischer und mikrochemischer Befund.

Reihe I.

Pflanzen in Normallösung mit Beibehaltung der Cotyledonen.

Die Repräsentanten dieser Reihe erweisen sich bis auf geringe Abweichungen als Analoga der der Reihe I von Phaseolus multiflorus. Auch hier wurde im jüngeren Stadium der Pflanze die Befestigung durch den Turgor, resp. die collenchymatische Ausbildung der Zellen bewirkt, während die späteren Organe die Festigkeit ebenfalls durch eine Verdickung des Bastes und Libriforms erhielten. Ebenso trat auch die Differenzirung des Schwammparenchyms und Pallisadengewebes erst bei einer Entfaltung der Lamina der Blätter von 2—3 *cm* auf. Sämmtliche Organe der Pflanzen wiesen reichliche Mengen von Chlorophyll und Stärke auf. Letztere auch bei Phaseolus vulgaris im Chlorophyll der Blätter und in der Stärkescheide besonders häufig auftretend, diente auch hier in den älteren Internodien zum Aufbau der Bastfasern, und nahm in dem entsprechender Weise ab, während an ihre Stelle in diesen Organen ziemlich beträchtliche Mengen Calciumoxalat traten. Auch bei diesen Pflanzen war Zucker hauptsächlich im Leitparenchym, Nitrate im Rindengewebe und Markparenchym und Gerbstoff in den charakteristischen Zellen des Siebtheiles besonders zu bemerken, dagegen lieferte der Nachweis von Asparagin auch hier negative Resultate.

Reihe II.

Pflanzen in Normallösung mit Entfernung der Cotyledonen.

Die Exemplare dieser Reihe stimmten mit denen der Reihe II von multiflorus ganz überein. Alle Organe zeigten nur in ihren Dimensionen ein Zurückbleiben, während sonst keine anatomischen und mikrochemischen Unterschiede zu entdecken waren. Auch hier hat demnach die Entfernung der Reservestoffe nur eine deminutive Form zur Folge gehabt.

Reihe III.

Pflanzen in chlorfreier Lösung mit Beibehaltung der Cotyledonen.

In der Reihe III zeigten sämmtliche Pflanzen ein bemerkenswerthes Abweichen in Bezug auf ihren Stärkegehalt. Die bei dem morphologischen Befunde schon erwähnten keulenförmigen Anschwellungen wiesen eine enorme Anhäufung dieses Kohlehydrates gerade an dieser Stelle auf. Die blaue Reaktion ergab nicht allein die Anwesenheit von Amylum in der Stärkescheide, sondern auch die Rindenschichten, sowie das Markparenchym zeigten einen unverhältnissmässigen Gehalt dieses Stoffes. Diese Erscheinung deckt sich zu einem gewissen Theile mit dem von NOBBE am Buchweizen gemachten Erfahrungen. Genannter Autor fand jedoch diesen pathalogischen Stärkereichthum ausser in den Blattstielen und Stammgliedern besonders in den Blättern, die bei den erwähnten Versuchspflanzen noch mehr oder minder blasig aufgetrieben gewesen sein sollen. Bei Phaseolus vulgaris liess sich jedoch diese Ueberfülle von Stärke nur in dem oberen Theile des ersten Internodiums nachweisen, während die Blätter normalen Stärkegehalt in den Chlorophyllkörpern der Pallisadenzellen, sowie in den Schliesszellen der Spaltöffnungen aufwiesen. Auch zeigte die Epidermis der Blätter keine Abnormitäten. Abweichend ferner von den Ergebnissen, die bei den in chlorfreier Lösung gezogenen Exemplaren von multiflorus konstatirt sind, wurden bei den Repräsentanten dieser Reihe wiederum die Gerbstoffschläuche nachgewiesen. Alle übrigen mikrochemischen Befunde reihten sich denen derselben Reihe von multiflorus in jeder Beziehung an.

Reihe IV.

Pflanzen in chlorfreier Lösung mit Entfernung der Cotyledonen.

Die Pflanzen dieser letzten Reihe zeigten als einzigsten Unterschied von denen der vorigen Reihe eine proportionelle Reduktion des Wachsthums aller Organe. Auch bei diesen gelang der Nachweis von Gerbstoff, während Stärke nicht gerade im Uebermass gebildet war.

Trockenbestimmungen und chemische Analyse.

Das Absterben der Terminalknospe der Exemplare der Reihe III gab bei Phaseolus vulgaris ebenfalls den Zeitpunkt für die Analysen beider Reihen an und auch aus den in folgender Uebersicht zusammengestellten Resultaten der Chlor- und Trockengewichtsbestimmungen dieser Kulturen lassen sich werthvolle Folgerungen aufstellen:

	I. Trockengewicht von 100 Stück		II. Aschengewicht von I.		III. Chlorgehalt von I.	
	Normallösung	chlorfreie Lösung	Normallösung	chlorfreie Lösung	Normallösung	chlorfreie Lösung
Wurzeln und hypocotyles Glied	9212	10188	1504	1184	79,64	2,84
I. und weitere Stengelglieder und zugehörige Blätter . . .	16428	15224	2216	1532	191,76	19,72
Die ganzen Pflanzen enthalten demnach	25640	25412	3720	2716	271,40	22,56

Unterzieht man die Zahlen obiger Tabelle einer Beurtheilung, so bemerkt man, dass nicht allein die Trockengewichtsbestimmungen der einzelnen Organe, sondern besonders die Aschenmengen der dritten Reihe hinter denen der ersten in nicht unbedeutender Weise zurückstehen. Einen weit grösseren Unterschied zeigte jedoch der Chlorgehalt. Auch Phaseolus vulgaris hat der Normallösung enorme Mengen Chlor entzogen und in allen ihren Theilen, besonders auch den Wurzeln und hypocotylem Gliede niedergelegt. Aber auch hier hat es den Anschein, als ob die in chlorfreien Lösungen gezogenen Pflanzen den Cotyledonen die ganze Menge Chlor entnommen und zum Aufbau verwendet hätten. Sodann scheinen dieselben zur Entwickelung weiterer Organe den zuerst gebildeten das Chlor zum grössten Theil wieder entzogen zu haben. Nicht unerwähnt möge noch die durch vorsichtig ausgeführte Untersuchungen begründete Thatsache bleiben, dass die in den ursprünglichen Nährstofflösungen unter gewissen Kautelen noch wohl nachweisbare Spuren Chlors beim längeren Vegetiren der Pflanzen in diesen Lösungen nicht mehr auffindbar waren, so dass also anzunehmen ist, dass das Chlor gänzlich seitens der Pflanzen aufgenommen ist.

Auch die mit Phaseolus vulgaris angestellten Versuche rechtfertigen den Schluss, dass

> *„in dem Lebensprozess von Phaseolus vulgaris ebenfalls dem Chlor eine physiologische Bedeutung nicht abgesprochen werden kann, und dass das genannte Element in der Reihe der für diese Pflanzen nothwendigen Nährstoffe aufzuzählen ist.“*

III. Versuche mit Zea Mais.

Die Aufführung der Kulturen mit Zea Mais richtete sich wiederum nach der bei den Phaseolus-Arten eingeschlagenen Methode.

Am 12. Juli wurden die Körner nach 24stündigem Quellen an die Keimapparate gebracht und schon am 14. Juli konnte die Ueberführung der Keimlinge in die mit Gaze überspannten $3^1/_2$ *l* und am 16., nachdem die Pflänzchen 3—4 *cm* lang geworden waren, in die 1 *l* haltenden Gefässe bewirkt werden. Auch hier wurde je eine Serie der Versuchsobjekte in Normal- und in chlorfreier Lösung mit ganzen Körnern gezogen, sowie eine, denen das Reservestoffmagazin, das Endosperm und auch das Scutellum operativ genommen war und zwar, nachdem das betreffende Pflänzchen eine Länge von 3—4 *cm* erreicht hatte. Die Lösungen für diese Versuchspflanzen wurden ebenfalls auf das Vorhandensein einer geringen Acidität geprüft. Die Resultate der makroskopischen, mikroskopischen sowie chemischen Untersuchungen sind im Folgenden ausgeführt, doch sei der tabellarischen Uebersicht über die makroskopischen Ergebnisse noch vorausgeschickt, dass unter der Rubrik „Gesammte vegetative Entwicklung“ die Summe der Länge aller Blätter multiplizirt mit der Summe der Breite aller Blätter und das Resultat wieder mit der Höhe der Pflanzen multiplizirt aufgezeichnet ist.

Makroskopischer Befund.

Reihe I.

Pflanzen in Normallösung mit Beibehaltung des Endosperms und des Scutellums.

Nr. 1. Befund am 5. August, nach 24 Tagen.

1. Blatt, Lamina 6,5 *cm* lang, 1,5 *cm* breit
2. „ „ 15 „ „ 1,8 „ „
3. „ „ 45 „ „ 1,8 „ „
4. „ „ 33 „ „ 1,4 „ „
5. „ „ 13 „ „ 2,0 „ „
6. „ „ 10 „ „ zusammengerollt.

Höhe der Pflanze 18 *cm*.
Umfang des Stammes 0,8 *cm*.
Hauptwurzel gesund, 16 *cm* lang.
Zahlreiche Nebenwurzeln 1. Ordnung bis 13 *cm* lang.
„ „ 2. „ „ 0,75 „ „
6 Stützwurzeln bis 3 *cm* lang.
Gesammte vegetative Entwickelung 18742.

Nr. 2. Befund am 8. September, nach 59 Tagen.

1. Blatt, Lamina 40 *cm* lang, 2,1 *cm* breit
2. „ „ 38 „ „ 2,8 „ „
3. „ „ 45 „ „ 1,9 „ „
4. „ „ 40 „ „ 2,2 „ „
5. „ „ 33 „ „ 1,6 „ „
6. „ „ 43 „ „ 2,0 „ „
7. „ „ 39 „ „ 2,0 „ „
8. „ „ 23 „ „ 1,5 „ „

Höhe der Pflanze 40 *cm*.
Umfang des Stammes 8 *cm*.
Hauptwurzel gesund, 19 *cm* lang.
Zahlreiche Nebenwurzeln 1. Ordnung bis 22 *cm* lang.
„ „ 2. „ „ 3 „ „
6 Stützwurzeln bis 8 *cm* lang.
Gesammte vegetative Entwickelung 193 844.

Reihe II.

Pflanzen in Normallösung mit Entfernung des Endosperms und des Scutellums.

Nr. 3. Befund am 5. August, nach 24 Tagen.

1. Blatt, Lamina 13 *cm* lang, 1,1 *cm* breit
2. „ „ 16 „ „ 1,1 „ „
3. „ „ 38 „ „ 0,9 „ „
4. „ „ 20 „ „ 1,2 „ „
5. „ „ 2 „ „ zusammengerollt.

Höhe der Pflanze 14 *cm*.
Umfang des Stammes 0,5 *cm*.
Hauptwurzel gesund, 9 *cm* lang.
Zahlreiche Nebenwurzeln 1. Ordnung bis 12 *cm* lang.
„ „ 2. „ „ 0,5 „ „

5 Stützwurzeln bis 3 *cm* lang.
Gesammte vegetative Entwickelung 5348.

Nr. 4. Befund am 8. September, nach 59 Tagen.

1. Blatt, Lamina 23 *cm* lang, 1,2 *cm* breit
2. „ „ 30 „ „ 1,5 „ „
3. „ „ 28 „ „ 1,5 „ „
4. „ „ 20 „ „ 1,1 „ „
5. „ „ 25 „ „ 1,0 „ „
6. „ „ 28 „ „ 1,6 „ „
7. „ „ 17 „ „ 0,8 „ „

Höhe der Pflanze 26 *cm*.
Umfang des Stammes 0,75 *cm*.
Hauptwurzel gesund, 16 *cm* lang.
Zahlreiche Nebenwurzeln 1. Ordnung bis 20 *cm* lang.
„ „ 2. „ „ 3 „ „
5 Stützwurzeln bis 7 *cm* lang.
Gesammte vegetative Entwickelung 38 680.

Ueberblickt man den Vegetationsverlauf der Exemplare obiger Reihen, so ergiebt sich eine normale, auch für Erdkulturen massgebende Ausbildung aller Organe. Die Wurzeln waren gesund und kräftig und hatten sich in bedeutender Anzahl entwickelt. Die Blätter waren tiefgrün. Zur Blüthen- und Fruchtbildung waren die Pflanzen zur Zeit noch nicht gelangt. Eine gleich gesunde Entfaltung zeigten die Exemplare der Reihe II, wenn auch die durch das Fehlen des Endosperms veranlasste Reduktion nicht zu verkennen war.

Reihe III.

Pflanzen in chlorfreier Lösung mit Beibehaltung des Endosperms und des Scutellums.

Nr. 5. Befund am 5. August, nach 24 Tagen.

1. Blatt, Lamina 12 *cm* lang, 0,6 *cm* breit
2. „ „ 27 „ „ 0,9 „ „
3. „ „ 35 „ „ 1,0 „ „
4. „ „ 34 „ „ 1,2 „ „
5. „ „ 20 „ „ 1,5 „ „
6. „ „ 6 „ „ zusammengerollt.

Höhe der Pflanze 16,5 *cm*.
Umfang des Stammes 0,8 *cm*.
Hauptwurzel gesund, 18 *cm* lang.
Zahlreiche Nebenwurzeln 1. Ordnung bis 12 *cm* lang.
„ „ 2. „ „ 1 „ „
5 Stützwurzeln bis 3 *cm* lang.
Gesammte vegetative Entwickelung 11 497.

Nr. 6. Befund am 8. September, nach 59 Tagen.

1. Blatt, Lamina 14 *cm* lang, 0,8 *cm* breit
2. „ „ 30 „ „ 0,9 „ „
3. „ „ 35 „ „ 1,2 „ „
4. „ „ 40 „ „ 1,2 „ „
5. „ „ 20 „ „ 1,8 „ „
6. „ „ 23 „ „ 1,0 „ „

Höhe der Pflanze 21 *cm*.
Umfang des Stammes 0,5 *cm*.
Hauptwurzel, Vegetationspunkt abgestorben.
Zahlreiche Nebenwurzeln 1. Ordnung bis 12 *cm* lang.
„ „ 2. „ „ 1 „ „
5 Stützwurzeln bis 3 *cm* lang.
Gesammte vegetative Entwickelung 23 473.

Reihe IV.

Pflanzen in chlorfreier Lösung mit Entfernung des Endosperms und des Scutellums.

Nr. 7. Befund am 5. August, nach 24 Tagen.
1. Blatt, Lamina 4 *cm* lang, 0,6 *cm* breit.
2. „ „ 13 „ „ 0,8 „ „
3. „ „ 18 „ „ 0,8 „ „
4. „ „ 20 „ „ 1,3 „ „
Höhe der Pflanze 15 *cm*.
Umfang des Stammes 0,3 *cm*.
Hauptwurzel gesund 13 *cm* lang.
Wenige Nebenwurzeln 1. Ordnung bis 10 *cm* lang.
„ „ 2. „ „ 1 „ „
3 Stützwurzeln bis 3 *cm* lang.
Gesammte vegetative Entwicklung 2887.

Nr. 8. Befund am 8. September, nach 59 Tagen.
1. Blatt, Lamina 8 *cm* lang, 0,6 *cm* breit.
2. „ „ 15 „ „ 0,9 „ „
3. „ „ 18 „ „ 0,8 „ „
4. „ „ 23 „ „ 1,5 „ „
Höhe der Pflanze 20 *cm*.
Umfang des Stammes 0,3 *cm*.
Hauptwurzel, Vegetationspunkt abgestorben.
Einige Nebenwurzeln 1. Ordnung bis 10 *cm* lang.
„ „ 2. „ „ 1 „ „
3 Stützwurzeln bis 3 *cm* lang.
Gesammte vegetative Entwicklung 4864.

Diese Zusammenstellung der letzten Reihen ergiebt grosse Abweichungen des Wachsthums beider Serien. Wenn auch zur Zeit der ersten Messung noch annähernd gleiche Dimensionen von den Pflanzen in chlorfreier Lösung erreicht sind, so traten doch im Laufe der Vegetation die schädlichen Einflüsse des Chlormangels deutlich zu Tage. Die Wurzeln blieben im Wachsthum zurück, der Vegetationspunkt der Hauptwurzeln starb ab und die weitere Entwicklung der Blätter war eine äusserst geringe. Während die Gesammtvegetation der Pflanzen der Reihe I von 18 742 auf 192 844, die der Reihe II von 5348 auf 38 680 stieg, hatten im gleichen Zeitraum die Exemplare der Reihe III nur eine Vermehrung von 11 497 auf 23 473, die der Reihe IV von 2887 auf 4864 erreicht. Auch fernerhin zeigten die Pflanzen in Normallösung weitere entsprechende Fortschritte zum Unterschied von den chlorfreien Kulturen, die bald absterben. Eine am 28. September ausgeführte photographische Aufnahme (Tafel III) giebt diese letzteren Verhältnisse besonders deutlich wieder und

zeigt, dass an diesem Tage schon alle Exemplare der chlorfreien Reihen dem Chlormangel erlegen sind.

Anatomischer und mikrochemischer Befund.

Reihe I.

Pflanzen in Normallösung mit Beibehaltung des Endosperms und des Scutellums.

Bei den Repräsentanten dieser und der folgenden Reihen wurde die Festigkeit des Stammes und der Blätter durch eine für den Mais charakteristische mehr oder weniger starke Ausbildung der Sklerenchymscheide um die Gefässbündel, einer Schicht dickwandiger lang spindelförmiger, ohne Intercellularräume zusammenschliessender Zellen, erreicht. Die Gefässbündel selbst liessen sich von den Wurzeln an durch den Stamm bis in die Blätter verfolgen. Die Lamina zeigte im jüngeren Stadium ein gleichmässiges parenchymatisches Gewebe, das sich allmählich in Pallisaden- und Schwammparenchym differenzirte. In den ersteren fanden sich grosse Mengen Chlorophyll. Sämmtliche Gefässbündel waren von der bekannten Stärkescheide umgeben. Auch in der Blattscheide trat diese Parenchymschicht mit deutlichem Amylumgehalt auf. In der Blattlamina liess sich Assimilationsstärke zunächst in den Schliesszellen der zahlreichen Spaltöffnungen konstatiren, sodann fand sie sich in den Chlorophyllkörnern des Mesophylls in nicht geringen Quantitäten. In unmittelbarer Nähe der Gefässbündel, sowie auch in den Blattscheiden gelang ferner der Nachweis erheblicher Mengen Zuckers; die Lamina jedoch erwies sich zuckerfrei. Gerbstoff und Asparagin waren in keinem Theile der Pflanze zu ermitteln.

Reihe II.

Pflanzen in Normallösung mit Entfernung des Endosperms und des Scutellums.

Wie bei den zur Beobchtung gelangten Vertretern der Leguminosen waren auch hier alle in vorstehendem beobachteten anatomischen und mikrochemischen Verhältnisse zu finden; der einzige Unterschied bestand eben nur in einem geringeren Wachsthum der ganzen Pflanze.

Reihen III und IV.

Pflanzen in chlorfreier Lösung mit Beibehaltung des Endosperms und des Scutellums.
„ „ „ „ „ *Entfernung* „ „ „ „ „

Die Exemplare schlossen sich hinsichtlich der anatomischen und mikrochemischem Ergebnisse gänzlich den Pflanzen der Reihe I an. Der Aufbau aller Organe, der Gefässbündel mit ihrer Stärkescheide, der Blätter mit ihrem Chlorophyll und ihrer Assimilationsstärke u. s. w. zeigte sich in gleichen Grade analog. Ein besonderer Stärkereichthum, wie er bei Phaseolus vulgaris dieser Reihe zu verzeichnen war, konnte hier nicht ermittelt werden. Bei den Pflanzen der letzten Reihe trat wiederum eine mit den makroskopischen Verhältnissen korrespondirende Reduktion ein.

Trockengewichtsbestimmungen und chemische Analyse.

Die bei den Bestimmungen des Trockengewichtes und des Chlorgehaltes gewonnenen Resultate sind in folgender Uebersicht wiedergegeben:

	I. Trockengewicht von 100 Stück		II. Aschengewicht von I.		III. Chlorgehalt von I.	
	Normallösung	chlorfreie Lösung	Normallösung	chlorfreie Lösung	Normallösung	chlorfreie Lösung
Wurzeln	15808	7512	2531	1322	94,35	2,56
Stamm und Blattscheide sämmtlicher Blätter	19654	16012	3018	2738	182,37	18,39
Lamina sämmtlicher Blätter .	16404	12220	1952	1011	102,22	18,27
Die ganzen Pflanzen ergaben demnach	51866	35744	7501	5071	378,94	38,22

Es ist aus dieser Tabelle ersichtlich, dass auch diese Versuchspflanze sich den beiden vorhergehenden gleich erweist. Die einzelnen Theile der in chlorfreier Lösung gewachsenen Pflanzen haben stets eine grosse Verminderung der Vegetation erfahren, die am auffallendsten bei den Wurzeln und der Lamina sämmtlicher Blätter hervortritt. Es haben 100 Stück Pflanzen dieser Reihe nur 68 pCt. des Trockengewichtes einer gleichen Anzahl in Normallösung gewachsener Exemplare erreicht. In gleicher Weise sind feuerbeständige Mineralstoffe in weit geringerem Masse (67 pCt.) zur Aufnahme gelangt. Endlich zeigen auch die Chlormengen überaus charakteristische Differenzen.

Von den ohne Chlor kultivirten Pflanzen ist eine bedeutend grössere Menge dieses Halogens aus dem Stamm in die Lamina transportirt, als von den Kulturen in Normallösung. Berechnet man die diesbezüglichen Zahlen der Tabelle in Prozenten des Trockengewichtes, so ergiebt sich, dass im „Stamm und Blattscheiden sämmtlicher Blätter" der Pflanzen in chlorhaltiger Lösung 0,922 pCt., in „Lamina sämmtlicher Blätter" 0,623 pCt., also ungefähr ein Dritttheil weniger Chlor, in den gleichen Organen der Kulturen ohne Chlor dagegen 0,114 pCt. und 0,146 pCt., also ungleich mehr enthalten sind. Es dürfte also auch hier der Folgerung Raum gegeben werden, dass die Pflanzen dieser letzteren Lösung zur kräftigen Ausbildung neuer Theile nicht Chlor zur Genüge gehabt und dasselbe in Folge dessen schon entwickelten Organen entzogen haben. Anscheinend ist auch hier die in den Samen enhaltene Quantität dieses Elementes für das normale Wachsthun des Mais zu gering gewesen, so dass derselbe, da weitere Mengen aus der Nährlösung nicht genommen werden konnten, die vegetativen Funktionen einzustellen genöthigt war.

Schlussbetrachtung.

Unterzieht man nun auch die bei dieser letzten Kultur gesammelten Erfahrungen einer eingehenden Betrachtung so ergiebt sich:

„dass auch Zea Mais einen Ausschluss des Chlors von den für diese Pflanze nöthigen Nährstoffen nicht zulässt."

Aber alle drei Versuchsobjekte liefern ferner den Beweis:

„dass dem Chlor eine bestimmte einseitige Funktion nicht zukommt, sondern dass dasselbe, wie der Stickstoff, das Kalium, der Phosphor, Schwefel und

andere zu denjenigen Elementen gehört, von denen wahrscheinlich ein gewisses Quantum zum Aufbau einer jeden Zelle unentbehrlich ist.“

Welch' näheren Lebensprozessen der Zelle aber das Chlor dient, wird wohl so lange eine offene Frage bleiben, als es nicht gelingt, den Nachweis des Chlors in den Zellen und Geweben selbst durch ein geeignetes Mikroreagens zu ermöglichen und andererseits mit Samen zu experimentiren, die völlig chlorfrei, also vielleicht ein Ernteergebniss chlorfreier Kulturen, sind.

Die vorliegende Arbeit wurde im pflanzenphysiologischen Institute der Königlichen Landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin ausgeführt und sei es mir an dieser Stelle vergönnt, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. FRANK, für seine liebenswürdige Unterstützung meinen Dank auszudrücken.

CARL ASCHOFF.

Phaseolus multiflarus

Phaseolus vulgaris.

W.A. Meyn lith.

Lea Mais.